

**ҚУАТБАЙ ЕРБОЛА ҚУАТБАЙҰЛЫНЫҢ**  
6D070900 – «Металлургия» мамандығы бойынша  
философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін ұсынылған  
**«САРЫАДЫР» КЕН ОРНЫНЫҢ ЖОҒАРЫ КҮЛДІ КӨМІРЛЕРІН**  
**ҚОЛДАНЫП ЖОҒАРЫ КӨМІРТЕКТІ ФЕРРОХРОМДЫ БАЛҚЫТУ**  
**ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӘЗІРЛЕУ»**  
тақырыбындағы диссертациялық жұмысының  
**АҢДАТПАСЫ**

Диссертациялық жұмыстың мақсаты шикіқұрамдағы металлургиялық кокс пен қождама материалдарының бір бөлігінің орнына «Сарыадыр» кен орнының жоғары күлді көмірлерін қолдана отырып, көміртекті феррохром балқыту бойынша ұтымды ресурс үнемдеу технологиясын әзірлеу болып табылады.

### **Зерттеу міндеттері**

– тотықсыздандырғыш компоненттерінің оңтайлы арақатынасын анықтау мақсатында жоғары көміртекті феррохром балқыту процесін термодинамикалық модельдеу;

– зерттелетін жоғары күлді көмірдің сапалық және сандық сипаттамаларын бағалау және оның металлургиялық жарамдылығын анықтау үшін физика-химиялық зерттеулер жүргізу;

– тотықсыздандырғыш компоненттерінің оңтайлы арақатынасын орнату үшін «Сарыадыр» жоғары күлді көмірін қолдана отырып, жоғары көміртекті феррохром балқытуды зерттеу;

– технологиялық процесті оңтайландыру үшін хром қождарының физика-химиялық қасиеттерін зерттеу;

– технологиялық регламент әзірлеу үшін қуаттылығы 200 кВА кен-термиялық пешінде «Сарыадыр» кен орнының жоғары күлді көмірімен коксты ішінара ауыстыру арқылы жоғары көміртекті феррохром балқыту процесін ірі-зертханалық сынақ жүргізу.

### **Зерттеу әдістері**

Диссертациялық жұмысты орындау кезінде келесі ғылыми-зерттеу әдістері қолданылды:

– Гиббс энергиясын азайтуға негізделген HSC Chemistry (Outokumpu, Финляндия) бағдарламалық кешенінің Equilibrium Compositions модулін қолдана отырып, жоғары көміртекті феррохром балқыту процесін термодинамикалық модельдеу жүргізілді;

– «Сарыадыр» жоғары күлді көмірінің металлургиялық жарамдылығын анықтау бойынша оның физика-химиялық қасиеттеріне зерттеулер жүргізілді:

– рентгенофазалық талдау арқылы көмір күлінің негізгі тотықтық фазалары анықталды;

– дифференциалды-термиялық талдау арқылы көмірдің химиялық

және фазалық өзгерістері зерттелді;

– В.И. Жучковтың (РГА Орал бөлімінің металлургия институты) әдістемесін қолдана отырып, әртүрлі температурада көмірдің меншікті электр кедергісі анықталды;

– Тамман жоғары температуралы кедергі пешінде тотықсыздандырғыш компоненттерінің оңтайлы арақатынасын орнату үшін «Сарыадыр» жоғары күлді көмірін қолдана отырып, жоғары көміртекті феррохром балқыту бойынша зерттеулер жүргізілді;

– зертханалық дірілді вискозиметрде хромды қождардың физика-химиялық қасиеттерін зерттей отырып, технологиялық процесті оңтайландыру және Я.И. Френкель әдістемесін қолдана отырып, қож балқымаларының кристалдану температурасын анықтау бойынша зерттеулер жүргізілді;

– қуаттылығы 200 кВА кен-термиялық пешінде «Сарыадыр» кен орнының жоғары күлді көмірін пайдалана отырып, жоғары көміртекті феррохром балқытудың технологиялық регламенті әзірленді.

### **Қорғауға ұсынылатын негізгі ережелер (дәлелденген ғылыми гипотезалар және жаңа білім болып табылатын басқа да тұжырымдар)**

– Гиббс энергиясын азайтуға негізделген HSC Chemistry бағдарламалық кешенінің Equilibrium Compositions модулін қолдана отырып, жоғары көміртекті феррохром балқыту процесін термодинамикалық модельдеу нәтижелері;

– «Сарыадыр» жоғары күлді көмірінің металлургиялық жарамдылығын анықтау бойынша оның физика-химиялық қасиеттерін зерттеу нәтижелері: фазалық құрамы, химиялық және фазалық өзгерістері, меншікті электр кедергісі;

– тотықсыздандырғыш компоненттерінің оңтайлы арақатынасын орнату үшін «Сарыадыр» жоғары күлді көмірін қолданып, жоғары көміртекті феррохром балқыту бойынша зерттеу нәтижелері;

– хромды қождардың физика-химиялық қасиеттерін зерттей отырып, технологиялық процесті оңтайландыру бойынша зерттеулер нәтижелері: тұтқырлығы мен кристалдану температуралары;

– қуаттылығы 200 кВА кен-термиялық пешінде «Сарыадыр» кен орнының жоғары күлді көмірімен коксты ішінара ауыстыру арқылы жоғары көміртекті феррохром балқыту процесін ірі зертханалық сынақтар нәтижелері.

### **Зерттеудің негізгі нәтижелерінің сипаттамасы**

Теориялық және эксперименттік зерттеулер нәтижесінде:

– «Сарыадыр» жоғары күлді көмірін қолдана отырып, жоғары көміртекті феррохром балқыту процесін термодинамикалық модельдеу жүргізілді. Fe-Cr-Si-Al-Ca-Mg-P-S-C-O жүйесі 521 фазадан, оның 150 газ фазасы, 241 тотық және (немесе) қож фазасы, 130 металл фазасынан тұратыны анықталды. Металл фазалары интерметаллидтерден, фосфидтерден, сульфидтерден, карбидтерден және таза металдардан түзіледі:  $Cr_3C_2$ ,  $Cr_4C$ ,  $Cr_7C_3$ ,  $Fe_2C$ ,  $Fe_3C$ , Cr, Fe. Қож фазасы магний хроматы ( $MgCr_2O_4$ ), хром қос тотығы ( $Cr_2O_3$ ) мен муллиттен ( $Al_2O_3 \cdot SiO_2$ ) және  $Al_2O_3$ , MgO және  $SiO_2$  негізіндегі қосылыстардан тұрады:  $Al_2O_3$ ,  $Al_2O_3 \cdot SiO_2$ ,

$(CaMg)_{0.5} \cdot SiO_3$ ,  $CaO \cdot MgO \cdot SiO_2$ ,  $MgAl_2O_4$ ,  $MgCr_2O_4$ ,  $MgO$ ,  $MgO \cdot Al_2O_3$ ,  $MgSiO_3$ ,  $Mg_2SiO_4$ ,  $SiO_2$ ;

– коксты көмірмен алмастырудың оңтайлы арақатынасы анықталды. Коксты көмірмен алмастыру қождың балқу аймағының периклаз және форстерит аймақтарынан сапфирин мен шпинель аймақтарына қарай жылжитыны және қождың балқу температурасының 1900-ден  $\sim 1750^\circ C$ -қа дейін төмендеуіне әкелетіні анықталды;

– жоғары күлді көмірдің физика-химиялық қасиеттері және оның металлургиялық жарамдылығы бойынша эксперименттік деректер алынды: фазалық құрамы, химиялық және фазалық өзгерістері, меншікті электр кедергісі;

– Тамман жоғары температуралы кедергі пешінде жоғары көміртекті феррохром балқыту кезінде «Сарыадыр» жоғары күлді көмірін тотықсыздандырғыш ретінде қолдану бойынша зерттеулер жүргізілді. Коксты Сарыадыр көмірімен 30%-ға (қатты көміртегі мөлшері бойынша) ішінара ауыстыру кезінде феррохромның химиялық құрамы стандарт талаптарына сай келетіні анықталды.

– технологиялық процесті оңтайландыру үшін хром қождарының физика-химиялық қасиеттері зерттелді. Зерттелетін қождардың кристалдануының басталу және аяқталу температуралары анықталды, қождың орташа тұтқырлықтағы температуралық аралығы белгіленді;

– қуаттылығы 200 кВА кен-термиялық пешінде «Сарыадыр» кен орнының жоғары күлді көмірін қолдана отырып, жоғары көміртекті феррохром балқытудың технологиялық регламенті әзірленді.

### **Алынған нәтижелердің жаңалығы мен маңыздылығын негіздеу**

«Сарыадыр» кен орнының жоғары күлді көмірлерін қолдана отырып, жоғары көміртекті феррохром балқыту технологиясын әзірлеу кезінде осы көмірлерді тотықсыздандырғыш ретінде қолдану мүмкіндігі анықталды. Технологияны әзірлеу қымбат металлургиялық кокстың бір бөлігін ауыстыруға және сонымен бірге шикікұрам құрамынан кремнеземді қождаманы шығаруға мүмкіндік береді.

Кондициялық емес ресурстарды - халық шаруашылығының энергетикалық мақсаттары үшін жарамсыз Орталық Қазақстанның жоғары күлді көмірлерін металлургиялық қайта өңдеуге тарту өз кезегінде бәсекеге қабілетті ферроқорытпа ала отырып, ферроқорытпа өнеркәсібінің шикізат базасын кеңейтуге ықпал етеді және отандық ферроқорытпа өнеркәсібінің қажеттіліктерін қамтамасыз етеді.

### **Ғылыми даму бағыттарына немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі**

Диссертациялық жұмыстың тақырыбы Қазақстан Республикасының Үкіметі жанындағы Ұлттық ғылыми кеңестің «Табиғи ресурстарды, оның ішінде су ресурстарын ұтымды пайдалану, геология, қайта өңдеу, жаңа материалдар мен технологиялар, қауіпсіз бұйымдар мен конструкциялар» басымдық бағытына сәйкес келеді.

Диссертациялық жұмысты орындау барысында зерттеу жұмысының бір бөлігі «Қазақстан-2050» Стратегиясын, Бірінші Президенттің 2017 жылғы 31 қаңтардағы «Қазақстанның Үшінші жаңғыруы: жаһандық бәсекеге қабілеттілік» жолдауын іске асыруға бағытталған бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру (БНҚ) шеңберінде «Марганецті және хромды ферроқорытпаларды балқыту кезінде орта және жоғары күлді тотықсыздандырғыштарды қолдану технологиясын әзірлеу» жобасы бойынша жүргізілді (2018-2020 жылдарға арналған ғылыми-техникалық бағдарламалар бойынша БНҚ шеңберінде BR05236708 – «Көп мақсатты жаңа материалдарды алу мақсатында нашар кокстелетін энергетикалық көмірлер мен техногенді қалдықтарды технологиялық үрдеріске тарту арқылы ферроқорытпа саласына арналған шикізат базасын ұлғайтудың ғылыми-технологиялық негіздемесі» жобасы), онда докторант осы жобаның жауапты орындаушысы болып табылады. Өтініш беруші: Қазақстан Республикасы Индустрия және инфрақұрылымдық даму министрлігінің Индустриялық даму және өнеркәсіптік қауіпсіздік комитетінің «Қазақстан Республикасының минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу жөніндегі Ұлттық орталығы» ШЖҚ РМК-ның филиалы - Ж. Әбішев атындағы Химия-металлургия институты.

#### **Докторанттың әрбір жарияланымды дайындауға қосқан үлесінің сипаттамасы**

Автордың жеке үлесі диссертациялық жұмыста баяндалған теориялық және эксперименттік зерттеулердің негізгі көлемін, оның ішінде теориялық модельдерді, эксперименттік зерттеулер әдістемелерін әзірлеуді, зерттеулер жүргізуді, нәтижелерді жарияланымдар мен ғылыми баяндамалар түрінде талдауды және ресімдеуді орындау болып табылады.

Диссертациялық жұмыс тақырыбы бойынша 6 ғылыми жұмыс жарияланды, оның ішінде: Web of Science (Clarivate Analytics) базасының Science Citation Index Expanded және Scopus (Elsevier) базасының CiteScore бойынша индекстелетін, диссертация тақырыбының ғылыми бағыты бойынша рецензияланатын ғылыми басылымдарда 2 (екі) мақала, ҚР ҒЖБМ ҒЖБССҚЕК ұсынған металлургия саласындағы отандық басылымдарда 3 (үш) мақала, халықаралық ғылыми-практикалық конференция жинағында 1 (бір) мақала.

Web of Science (Clarivate Analytics) базасының Science Citation Index Expanded және Scopus (Elsevier) базасының CiteScore бойынша индекстелетін, диссертация тақырыбының ғылыми бағыты бойынша рецензияланатын ғылыми басылымдардағы негізгі жарияланымдар туралы мәліметтер.

1. Kuatbay, Ye., Nurumgaliyev, A., Shabanov, Ye., Zayakin, O., Gabdullin, S., Zhuniskaliyev, T. / Melting of high-carbon ferrochrome using coal of the Saryadyr deposit // Metalurgija. – 2022. Vol 61, Iss. 2. – P. 367-370;

2. Kuatbay, Ye., Nurumgaliyev, A., Zhuniskaliyev, T., Smailov, S., Yerzhanov, A., Bulekova G. / Development of carbon ferrochrome smelting technology using high-ash coal // Metalurgija. – 2022. Vol 61, Iss. 3-4. – P. 764-766.

Диссертация тақырыбы бойынша ҚР ҒЖБМ ҒЖБССҚЕК ұсынған металлургия саласындағы отандық басылымдардағы жарияланымдар туралы мәліметтер:

1. Kuatbay Ye., Nurumgaliyev A., Makhambetov Ye., Zhuniskaliyev T., Abdirashit A. Study of Physico-chemical Properties of High-ash Coal from the Saryadyr Deposit // Труды университета, №3 (88), 2022, стр. 73-78;

2. Шабанов Е.Ж., Қуатбай Е.Қ., Махамбетов Е.Н., Төлеукадыр Р.Т. Жоғары күлді «Сарыадыр» көмірін пайдалана отырып, жоғары көміртекті феррохром балқыту процесін термодинамикалық және эксперименттік модельдеу // Engineering Journal of Satbayev University, №2 (144), 2022, стр. 15-21.

3. Махамбетов Е.Н., Шабанов Е.Ж., Төлеукадыр Р.Т., Сәулебек Ж.Қ., Қуатбай Е.Қ. Хром кендерін металдандырушы күйдіру кезінде Cr-C-O жүйесі бойынша хромды тотықсыздандыру үрдісіне термодинамикалық талдау жүргізу // Труды университета, №1 (90), 2023, стр. 79-83.

Халықаралық ғылыми-практикалық конференцияда диссертациялық жұмыстың нәтижелері бойынша баяндалған және талқыланған баяндама туралы мәліметтер:

1. Шабанов Е.Ж., Габдуллин С.Т., Нурумғалиев А.Х., Қуатбай Е.Қ. Көміртекті феррохромды балқытуда қолданылатын тотықсыздандырғыштарға талдау // Материалы Международной научно-практической конференции «Инновации в области естественных наук как основа экспорториентированной индустриализации Казахстана», посвященной 10-летию Казахстанской национальной академии естественных наук и 25-летию Национального центра по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан. 4-5 апрель 2019. РК. г. Алматы: РГП «НЦ КПМС РК». 2019, стр. 328-333.